

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4630251号
(P4630251)

(45) 発行日 平成23年2月9日(2011.2.9)

(24) 登録日 平成22年11月19日(2010.11.19)

(51) Int. Cl.		F I	
B 2 2 F	1/00	(2006.01)	B 2 2 F 1/00 S
B 2 2 F	1/02	(2006.01)	B 2 2 F 1/02 C
H O 1 F	1/20	(2006.01)	B 2 2 F 1/02 E
H O 1 F	1/24	(2006.01)	H O 1 F 1/20
			H O 1 F 1/24

請求項の数 6 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2006-245920 (P2006-245920)	(73) 特許権者	000001199
(22) 出願日	平成18年9月11日(2006.9.11)		株式会社神戸製鋼所
(65) 公開番号	特開2008-63652 (P2008-63652A)		兵庫県神戸市中央区脇浜町二丁目10番2
(43) 公開日	平成20年3月21日(2008.3.21)		6号
審査請求日	平成19年7月13日(2007.7.13)	(73) 特許権者	000233572
審判番号	不服2008-25983 (P2008-25983/J1)		日立粉末冶金株式会社
審判請求日	平成20年10月9日(2008.10.9)		千葉県松戸市稔台五丁目2番地1
		(73) 特許権者	000101352
			アスモ株式会社
			静岡県湖西市梅田390番地
		(74) 代理人	100075409
			弁理士 植木 久一
		(74) 代理人	100115082
			弁理士 菅河 忠志

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 圧粉磁心および圧粉磁心用の鉄基粉末

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

圧粉磁心用の鉄基粉末であって、

目開き425 μ mの篩を用いて篩い分けしたときに、該篩を通過しない鉄基粉末が10質量%以下で、目開き75 μ mの篩を用いて篩い分けしたときに、該篩を通過しない鉄基粉末が80質量%以上であり、且つ、少なくとも50個の鉄基粉末断面を観察し、各鉄基粉末について結晶粒径を測定して最大結晶粒径を少なくとも含む結晶粒径分布を求めたときに、測定した結晶粒のうち結晶粒径が50 μ m以上である結晶粒が70%以上であることを特徴とする圧粉磁心用の鉄基粉末

10

【請求項2】

前記鉄基粉末は、表面に絶縁皮膜が形成されているものである請求項1に記載の鉄基粉末。

【請求項3】

前記絶縁皮膜が、リン酸系化成皮膜である請求項2に記載の鉄基粉末。

【請求項4】

前記リン酸系化成皮膜に、Na、S、Si、WおよびCoよりなる群から選択される1種以上の元素が含まれているものである請求項3に記載の鉄基粉末。

【請求項5】

20

前記リン酸系化成皮膜の表面に、更にシリコン樹脂皮膜が形成されているものである請求項3または4に記載の鉄基粉末。

【請求項6】

請求項2～5のいずれかに記載の鉄基粉末を成形して得られた圧粉磁心であって、密度が 7.5 g/cm^3 以上であることを特徴とする圧粉磁心。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、鉄粉や鉄基合金粉末（以下、これらを総称して鉄基粉末と呼ぶことがある）等の軟磁性鉄基粉末を圧粉成形し、電磁気部品用の圧粉磁心を製造する際に用いる圧粉磁心用鉄基粉末に関するものである。

10

【背景技術】

【0002】

交流で使用される電磁気部品（例えば、モータなど）の磁心（コア材）には、従来、電磁鋼板や電気鉄板等を積層したものが用いられていたが、近年は、軟磁性の鉄基粉末を圧粉成形し、これを歪取焼鈍して製造される圧粉磁心が利用されるようになってきた。鉄基粉末を圧粉成形することで、形状の自由度が高くなり、三次元形状の磁心でも容易に製造できる。そのため、電磁鋼板や電気鉄板等を積層したものをを用いたものと比べて小型化や軽量化が可能になる。また、圧粉成形後には、歪取焼鈍することで、原料粉末の製造時や圧粉成形時に導入された歪みが解放され、鉄損、特にヒステリシス損を低減することができる。

20

【0003】

ところが鉄基粉末を圧粉成形して製造される圧粉磁心は、例えば 1 kHz 以上の高周波帯域では良好な電磁変換特性を示すが、一般にモータが動作している駆動条件下〔例えば、駆動周波数が数 $100 \text{ Hz} \sim 1 \text{ kHz}$ で、駆動磁束が 1 T （テスラ）以上〕では、電磁変換特性が劣化する傾向がある。この電磁変換特性の劣化〔即ち、磁気変換時のエネルギー損失（鉄損）〕は、材料内磁束変化が緩和現象（磁気共鳴など）を伴わない領域であれば、ヒステリシス損と渦電流損の和で表されることが知られている（例えば、非特許文献1参照）。

【0004】

30

このうちヒステリシス損は、 $B-H$ （磁束密度-磁場）カーブの面積に相当すると考えられている。この $B-H$ カーブの形に影響を与え、ヒステリシス損を支配する因子としては、圧粉磁心の保磁力（ $B-H$ カーブのループ幅）や最大磁束密度などが挙げられる。つまりヒステリシス損は保磁力に比例するため、ヒステリシス損を低減するには、保磁力を小さくすればよい。

【0005】

これに対し、渦電流損は、磁場変化に対する電磁誘導で発生する起電力に伴う誘導電流のジュール損失である。この渦電流損は、磁場変化速度、つまり周波数の2乗に比例すると考えられており、圧粉磁心の電気抵抗が小さいほど、また渦電流の流れる範囲が大きいほど渦電流損は大きくなる。この渦電流は、個々の鉄基粉末粒子内に流れる粒子内渦電流と、鉄基粉末粒子間にまたがって流れる粒子間渦電流に大別される。そのため個々の鉄基粉末の電気的な絶縁が完全であれば、粒子間渦電流は発生しないため、粒子内渦電流のみとなり、渦電流損を低減できる。

40

【0006】

ところで上記電磁変換特性の劣化は、一般にモータが動作している低周波数帯（例えば、数 $100 \text{ Hz} \sim 1 \text{ kHz}$ ）においては、渦電流損よりもヒステリシス損の方が支配的であるため、ヒステリシス損を低減することが求められている。

【0007】

ヒステリシス損を低減する技術として、非特許文献1には、高純度化と粒子内歪み低減による磁性粉末の低保磁力化と、絶縁皮膜改良による圧粉成形体の高密度化、高電気抵抗

50

化、耐熱性向上に着目し、特性改善を目指した技術が開示されている。しかしこの技術では、鉄基粉末に不可避免的に含まれる不純物量を低減し、高純度化した鉄基粉末を用いる必要があるため、一般に市販されている鉄基粉末を使用することができず、汎用性がない。

【0008】

一方、特許文献1には、粒度構成がJIS Z 8801号に定める篩を用いた篩わけ重量比(%)で、-60/+83メッシュが5%以下、-83/+100メッシュが4%以上10%以下、-100/+140メッシュが10%以上25%以下、330メッシュ通過分が10%以上30%以下であり、-60/+200メッシュの平均結晶粒径がJISで規定されるフェライト結晶粒径測定法で6.0以下の粗大結晶粒である粉末冶金用純鉄粉が提案されている。この特許文献1には、フェライト結晶粒径を大きくすれば、軟質磁気特性に対しても磁界が少なくなり、磁区の形成の抑止と内部損失の面から有利に作用することが記載されている。しかしこの特許文献1では、圧縮成形品の均質性を損ない、強度上の欠陥を発生させないように、60メッシュ(目開き250 μ mの篩)を通過しない粗粒を使用していない。

10

【0009】

また、特許文献2には、金属粉末粒子の切断面において、一個の金属粉末粒子における結晶粒の数を平均で10個以内に設定することが記載されており、結晶粒の数を低減させる方法として、金属粉末粒子を加熱雰囲気中で高温に加熱すればよいことが開示されている。しかし本発明者らが、上記特許文献2に開示されている技術について検討したところ、個々の金属粉末粒子における結晶粒の数を制御した場合であっても、圧粉磁心の透磁率を改善できず、ヒステリシス損を低減できない場合があった。従って圧粉磁心の鉄損も充分には改善できていない場合があった。

20

【非特許文献1】「SEIテクニカルレビュー第166号」、住友電気工業発行、2005年3月、P.1~6

【特許文献1】特開平6-2007号公報

【特許文献2】特開2002-121601号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

本発明は、このような状況に鑑みてなされたものであり、その目的は、圧粉磁心の保磁力を小さくし、ヒステリシス損を低減できる圧粉磁心用の鉄基粉末を提供することにある。また、本発明の他の目的は、ヒステリシス損に加えて、渦電流損も低減することによって圧粉磁心の鉄損を低減できる圧粉磁心用の鉄基粉末を提供することにある。更に、本発明の他の目的は、鉄損の低い圧粉磁心を提供することにある。

30

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明者らは、上記特許文献2に開示された技術を踏まえて、圧粉磁心のヒステリシス損を低減すべく、圧粉磁心の保磁力と、該圧粉磁心を構成する鉄基粉末の結晶粒の関係について検討を重ねてきた。その結果、圧粉磁心の保磁力は、結晶粒の数ではなく、結晶粒径の大きさに支配され、特に小さい結晶粒径が保磁力に悪影響を及ぼしていることを見出し、本発明を完成した。

40

【0012】

即ち、上記課題を解決することのできた本発明に係る圧粉磁心用鉄基粉末は、少なくとも50個の鉄基粉末断面を観察し、各鉄基粉末について結晶粒径を測定して最大結晶粒径を少なくとも含む結晶粒径分布を求めたときに、70%以上の結晶粒径が50 μ m以上である点に要旨を有する。

【0013】

上記鉄基粉末は、目開き75 μ mの篩を用いて篩い分けしたときに、該篩を通過しない鉄基粉末が80質量%以上であるものが好ましい。

【0014】

50

前記鉄基粉末には、渦電流損を低減するために、表面に絶縁皮膜が形成されており、該絶縁皮膜は、リン酸系化成皮膜であることが好ましい。前記リン酸系化成皮膜には、Na、S、Si、WおよびCoよりなる群から選択される1種以上の元素が含まれているものを用いることがより好ましい。また、前記リン酸系化成皮膜の表面には、更にシリコン樹脂皮膜が形成されていることが推奨される。なお、本発明には、上記鉄基粉末を成形して得られた圧粉磁心も包含され、特に密度が 7.5 g/cm^3 以上であることが好ましい。

【発明の効果】

【0015】

本発明によれば、個々の鉄基粉末を構成する結晶粒径を大きくすることによって、圧粉磁心の保磁力が小さくなり、その結果、ヒステリシス損を低減できる。また、本発明によれば、結晶粒径を大きくした鉄基粉末の表面に、絶縁皮膜を形成することによって、ヒステリシス損のほか、渦電流損も小さくできるため、鉄損を低減した圧粉磁心を製造できる鉄基粉末を提供することができる。更に、本発明によれば、ヒステリシス損と渦電流損の両方が低減され、鉄損が小さい圧粉磁心を提供できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0016】

本発明に係る圧粉磁心用鉄基粉末は、鉄基粉末断面を観察し、各鉄基粉末について結晶粒径を測定して最大結晶粒径を少なくとも含む結晶粒径分布を求めたときに、70%以上の結晶粒径が $50 \mu\text{m}$ 以上である。結晶粒径が $50 \mu\text{m}$ 以上のものを多くすることで、後述する実施例で示すように、圧粉磁心の保磁力を小さくすることができ、その結果、ヒステリシス損を低減できる。結晶粒径が $50 \mu\text{m}$ 以上の鉄基粉末の割合は、80%以上であることが好ましく、より好ましくは90%以上である。

【0017】

また結晶粒径は、 $55 \mu\text{m}$ 以上であることが好ましく、より好ましくは $60 \mu\text{m}$ 以上である。即ち、鉄基粉末断面を観察し、各鉄基粉末について結晶粒径を測定して最大結晶粒径を少なくとも含む結晶粒径分布を求めたときに、70%以上（好ましくは80%以上、より好ましくは90%以上）の結晶粒径が $55 \mu\text{m}$ 以上であることが好ましく、より好ましくは $60 \mu\text{m}$ 以上である。

【0018】

上記結晶粒径は次の手順で測定すればよい。鉄基粉末を樹脂に埋め込み、これを切断して鉄基粉末の断面を露出させ、該鉄基粉末断面を鏡面研磨し、鏡面研磨した断面をナイターでエッチングし、この断面を光学顕微鏡で例えば100~400倍で観察撮影した写真から対象となる結晶粒をトレースして画像解析する。画像解析は、画像処理プログラム「Image-Pro Plus」（米国Media Cybernetics製）を用い、解析対象とするオブジェクトの重心を求め、この重心を通るように、該オブジェクト上に直線を引き、オブジェクトの外周線との交点間距離を測定し、これを2度刻みに180点測定し、測定結果を平均したものを結晶粒径とする。

【0019】

測定した結晶粒径のうち、最大のものを最大結晶粒径とし、最大結晶粒径を少なくとも含むと共に、測定した結晶粒径が大きい方から3個以下の結晶粒径の個数分布を作製する。個数分布に最大結晶粒径を少なくとも含むのは、大きな結晶粒径がヒステリシス損の低減に寄与するからである。また結晶粒径が大きい方から3個以下としたのは、鉄基粉末の断面を観察したときに、該鉄基粉末が2個の結晶粒で構成されている場合や、1個の結晶粒（即ち、単結晶）で構成されている場合もありうるからである。

【0020】

結晶粒径を測定するための鉄基粉末の個数は少なくとも50個とする。結晶粒径を測定するための鉄基粉末の個数は、できるだけ多い方がよく、60個以上であってもよく、或いは70個以上であってもよい。従って結晶粒径を測定する個数も少なくとも50個である。結晶粒径を測定する個数は、できるだけ多い方がよく、60個以上であってもよく、

10

20

30

40

50

或いは70個以上であってもよい。

【0021】

上記結晶粒径を測定する鉄基粉末は、その粒子径が、該鉄基粉末の粒度分布を考慮したときに、極端にバラツキが生じないように選択する。即ち、結晶粒は、粒子径を超えて成長することはできないため、結晶粒径を測定するときの鉄基粉末の断面径が、粒子径よりも小さい場合には、鉄基粉末の結晶粒径を正確に測定できないからである。一方、結晶粒径を測定するときの鉄基粉末の断面径が、粒子径よりも大きい場合には、極端に成長しすぎた結晶粒径を測定する可能性があり、測定精度が低下するからである。また、鉄基粉末の断面径が、粒度分布内であっても、断面径が相対的に小さいものを中心に結晶粒径を測定したり、断面径が相対的に大きいものを中心に結晶粒径を測定しても、測定精度が悪くなるので、バラツキが生じないようにする。従って鉄基粉末の粒度が例えば75～250 μmの場合には、鉄基粉末の断面径が75～250 μmの粉末における結晶粒径を測定する。なお、鉄基粉末の断面径は、上記結晶粒径を測定するのと同じ手順で測定すればよい。

10

【0022】

上記結晶粒径を測定し、測定した結晶粒の個数に占める結晶粒径が50 μm以上である個数の占める割合を簡便に算出するためには、鉄基粉末の断面を観察し、該鉄基粉末断面に認められる結晶粒径を測定し、この結晶粒径の分布を作成したときに、結晶粒径が小さい方から数えて30%（以下、D30ということがある）に当たる結晶粒径が50 μm以上であればよい。

20

【0023】

本発明の鉄基粉末は、目開き75 μmの篩を用いて篩い分けしたときに、該篩を通過しないもの（篩上に残るもの）が80質量%以上となるものが好ましい。粒子径が小さな鉄基粉末を少なくすることで、結晶粒径が小さな鉄基粉末を極力少なくするためである。粒子径が75 μm以上の鉄基粉末が占める割合は、90質量%以上であることが好ましく、より好ましくは95質量%以上、更に好ましくは99質量%以上である。

【0024】

上記鉄基粉末の粒子径は大きい方がよく、好ましくは106 μm以上、より好ましくは150 μm以上である。即ち、目開き106 μmの篩を用いて篩分けしたときに、該篩を通過しない鉄基粉末が80質量%以上となるものが好ましく、目開き150 μmの篩を用いて篩い分けしたときに、該篩を通過しない鉄基粉末が80質量%以上となるものがより好ましい。なお、鉄基粉末の粒子径の上限は特に限定されないが、粒子径が大きくなり過ぎると、鉄基粉末を金型へ充填するとき金型の細部への充填性が悪くなったり、圧粉磁心の強度が小さくなるため、目開き425 μmの篩を用いて篩い分けしたときに、粒子径が425 μm以上の鉄基粉末が10質量%以下となるものが好ましく、目開き250 μmの篩を用いて篩い分けしたときに、粒子径が250 μm以上の鉄基粉末が30質量%以下となるものがより好ましい。

30

【0025】

なお、鉄基粉末の粒子径は、日本粉末冶金工業会で規定される「金属粉のふるい分析試験方法」（J P M A P 0 2 - 1 9 9 2）に準拠して分級して測定した値である。

40

【0026】

上記の通り、本発明の鉄基粉末は、該鉄基粉末を構成する結晶粒径を大きくすることで、圧粉磁心の保磁力を小さくし、ヒステリシス損を低減できるが、圧粉磁心の鉄損を改善するには、ヒステリシス損の他に、渦電流損を低減する必要がある。そこで渦電流損を低減するには、上記鉄基粉末を圧粉成形したときに、鉄基粉末同士の界面に絶縁体が存在していればよい。鉄基粉末同士の界面に絶縁体を存在させるには、例えば、上記鉄基粉末の表面に絶縁皮膜を積層したものを圧粉成形するか、上記鉄基粉末と絶縁用粉末を混合したものを圧粉成形すればよい。好ましくは上記鉄基粉末の表面に絶縁皮膜を積層したものを圧粉成形するのがよい。

【0027】

50

上記絶縁皮膜や上記絶縁用粉末の種類は特に限定されず、公知のものを用いることができ、例えば、成形体の比抵抗を4端子法で測定したときに、比抵抗が $50 \mu \cdot m$ 程度以上になるものであればよい。

【0028】

上記絶縁皮膜の素材としては、例えば、リン酸系化成皮膜やクロム系化成皮膜などの無機物や樹脂を用いることができる。樹脂としては、例えば、シリコン樹脂、フェノール樹脂、エポキシ樹脂、フェノキシ樹脂、ポリアミド樹脂、ポリイミド樹脂、ポリフェニレンサルファイド樹脂、スチレン樹脂、アクリル樹脂、スチレン/アクリル樹脂、エステル樹脂、ウレタン樹脂、ポリエチレンなどのオレフィン樹脂、カーボネート樹脂、ケトン樹脂、フッ化メタクリレートやフッ化ビニリデンなどのフッ素樹脂、PEEKなどのエンジニアリングプラスチックまたはその変性品などを使用できる。

10

【0029】

こうした絶縁皮膜の中でも、特にリン酸系化成皮膜を形成すればよい。リン酸系化成皮膜は、オルトリン酸(H_3PO_4)などによる化成処理によって生成するガラス状の皮膜であり、電気絶縁性に優れている。

【0030】

リン酸系化成皮膜の膜厚は $1 \sim 250 \text{ nm}$ 程度が好ましい。膜厚が 1 nm より薄いと絶縁効果が発現し難いからである。しかし膜厚が 250 nm を超えると絶縁効果が飽和する上、圧粉体の高密度化を阻害するため望ましくない。付着量として言えば $0.01 \sim 0.8$ 質量%程度が好適範囲である。

20

【0031】

上記リン酸系化成皮膜は、Na, S, Si, WおよびCoよりなる群から選択される1種以上の元素が含まれていることが好ましい。これらの元素は、リン酸系化成皮膜中の酸素が高温での歪取焼鈍中にFeと半導体を形成するのを阻害し、歪取焼鈍による比抵抗の低下を抑制するのに有効に作用すると考えられるからである。

【0032】

これらの元素は、2種以上を併用しても構わない。組み合わせが容易で、熱的安定性に優れていたのは、SiとW、NaとSとCoの組み合わせであり、最も好ましいのはNaとSとCoの組み合わせである。

【0033】

これらの元素の添加によって高温で歪取焼鈍しても比抵抗の低下を抑制するためには、リン酸系化成皮膜形成後の鉄粉100質量%中の量として、Pは $0.005 \sim 1$ 質量%、Naは $0.002 \sim 0.6$ 質量%、Sは $0.001 \sim 0.2$ 質量%、Siは $0.001 \sim 0.2$ 質量%、Wは $0.001 \sim 0.5$ 質量%、Coは $0.005 \sim 0.1$ 質量%が好適である。

30

【0034】

また、本発明のリン酸系化成皮膜には、MgやBが含まれていてもよい。このとき、リン酸系化成皮膜形成後の鉄粉100質量%中の量として、Mg, B共に、 $0.001 \sim 0.5$ 質量%が好適である。

【0035】

本発明では、上記リン酸系化成皮膜の表面には、更にシリコン樹脂皮膜が形成されているのが推奨される。シリコン樹脂皮膜は、電気絶縁性の熱的安定性を向上させる他、圧粉磁心の機械的強度も高める作用を有する。即ち、シリコン樹脂の架橋・硬化反応終了時(圧粉成形体の成形時)には、耐熱性に優れたSi-O結合を形成して熱的安定性に優れた絶縁皮膜となる。また、粉末同士が強固に結合するので、機械的強度が増大する。

40

【0036】

シリコン樹脂としては、硬化が遅いものでは粉末がベトついて皮膜形成後のハンドリング性が悪いので、二官能性のD単位(R_2SiX_2 : Xは加水分解性基)よりは、三官能性のT単位($RSiX_3$: Xは前記と同じ)を多く持つものが好ましい。しかし、四官能性のQ単位(SiX_4 : Xは前記と同じ)が多く含まれていると、予備硬化の際に粉末同

50

士が強固に結着してしまい、後の成形工程が行えなくなるため好ましくない。よって、T単位が60モル%以上のシリコーン樹脂が好ましく、80モル%以上のシリコーン樹脂がより好ましく、全てT単位であるシリコーン樹脂が最も好ましい。

【0037】

上記シリコーン樹脂としては、上記Rがメチル基またはフェニル基となっているメチルフェニルシリコーン樹脂が一般的で、フェニル基を多く持つ方が耐熱性は高いとされている。

【0038】

但し、リン酸系化成皮膜に、Na, S, Si, WおよびCoよりなる群から選択される1種以上の元素を含有させ、高温で歪取焼鈍する際には、上記フェニル基の存在は、それほど有効とは言えない。その理由は、フェニル基の高さが、緻密なガラス状網目構造を乱して、熱的安定性や鉄との化合物形成阻害効果を逆に低減させるのではないかと考えられる。よって高温で歪取焼鈍する際には、メチル基が50モル%以上のメチルフェニルシリコーン樹脂（例えば、信越化学工業製のKR255、KR311等）を用いることが好ましく、70モル%以上（例えば、信越化学工業製のKR300等）がより好ましく、フェニル基を全く持たないメチルシリコーン樹脂（例えば、信越化学工業製のKR251、KR400、KR220L、KR242A、KR240、KR500、KC89等）が最も好ましい。なお、シリコーン樹脂のメチル基とフェニル基の比率や官能性については、FT-IR等で分析可能である。

【0039】

シリコーン樹脂皮膜の厚みとしては、1~200nmが好ましい。より好ましい厚みは1~100nmである。また、リン酸系化成皮膜とシリコーン樹脂皮膜との合計厚みは250nm以下とすることが好ましい。250nmを超えると、磁束密度の低下が大きくなることがある。また、鉄損を小さくするには、リン酸系化成皮膜をシリコーン樹脂皮膜より厚めに形成することが望ましい。

【0040】

上記シリコーン樹脂皮膜の付着量は、リン酸系化成皮膜が形成された鉄基粉末とシリコーン樹脂皮膜との合計を100質量%としたとき、0.05~0.3質量%となるように調整することが好ましい。0.05質量%より少ないと、絶縁性に劣り、電気抵抗が低くなる。一方、0.3質量%より多く加えると、成形体の高密度化が達成しにくい。

【0041】

上記では、鉄基粉末の表面に絶縁皮膜を積層したものを圧粉成形する場合を中心に説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、例えば、上記鉄基粉末の表面に、リン酸系化成皮膜やクロム系化成皮膜などの無機物を被覆した粉末と、上記樹脂からなる絶縁用粉末を混合したものを圧粉成形してもよい。樹脂の配合量は、混合粉末全体に対して、0.05~0.5質量%程度とするのがよい。

【0042】

本発明の圧粉磁心用鉄基粉末には、さらに潤滑剤が含有されたものであってもよい。この潤滑剤の作用により、鉄基粉末を圧粉成形する際の粉末間、あるいは鉄基粉末と成型型内壁間の摩擦抵抗を低減でき、成形体の型かじりや成形時の発熱を防止することができる。

【0043】

このような効果を有効に発揮させるためには、潤滑剤が粉末全量中、0.2質量%以上含有されていることが好ましい。しかし、潤滑剤が多くなると、圧粉体の高密度化に反するため、0.8質量%以下にとどめることが好ましい。なお、圧粉成形する際に、成型型内壁面に潤滑剤を塗布した後、成形するような場合（型潤滑成形）には、0.2質量%より少ない潤滑剤量でも構わない。

【0044】

潤滑剤としては、従来から公知のものを使用すればよく、具体的には、ステアリン酸亜鉛、ステアリン酸リチウム、ステアリン酸カルシウムなどのステアリン酸の金属塩粉末、

10

20

30

40

50

およびパラフィン、ワックス、天然または合成樹脂誘導体等が挙げられる。

【0045】

本発明の圧粉磁心用鉄基粉末は、もちろん圧粉磁心の製造のために用いられるものであるが、本発明の鉄基粉末を成形して得られた圧粉磁心は本発明に包含される。この圧粉磁心は、主に交流で使用されるモータのロータやステータ等のコアとして使用される。

【0046】

本発明の鉄基粉末は、上記要件を満足するものであり、その製造方法は特に限定されないが、例えば原料鉄基粉末を非酸化性雰囲気中で熱処理した後、解砕すれば製造できる。

【0047】

原料鉄基粉末は、強磁性体の金属粉末であり、具体例としては、純鉄粉、鉄基合金粉末（Fe-Al合金、Fe-Si合金、センダスト、パーマロイなど）、およびアモルファス粉末等が挙げられる。

10

【0048】

こうした原料鉄基粉末は、例えば、アトマイズ法によって微粒子とした後、還元し、その後粉砕すること等によって製造できる。このような製法では、例えば、日本粉末冶金工業会で規定される「金属粉のふるい分析試験方法」（JPMAP02-1992）で評価される粒度分布で累積粒度分布が50%になる平均粒子径が20~250 μ m程度の鉄基粉末が得られるが、本発明においては75~300 μ m程度のものが好ましく用いられる。

【0049】

20

上記原料鉄基粉末は、非酸化性雰囲気中で熱処理する。熱処理することで、結晶粒の成長が起こり、結晶粒を粗大化させることができる。

【0050】

非酸化性雰囲気としては、還元性雰囲気（例えば、水素ガス雰囲気、水素ガス含有雰囲気など）、真空雰囲気、不活性ガス雰囲気（例えば、アルゴンガス雰囲気、窒素ガス雰囲気など）などが挙げられる。

【0051】

熱処理温度は、結晶粒の成長が起こる温度に設定すればよく、特に限定されないが800~1100程度とする。800未満では、結晶粒の成長に時間がかかり過ぎるため、実操業にそぐわない。一方、1100を超えると、短時間で結晶粒の成長が起こるため結晶粒は粗大化するが、結晶粒の成長に加えて焼結も進むため、熱処理後に解砕するのに多大なエネルギーが必要となり、無駄である。

30

【0052】

熱処理時間も特に限定されず、結晶粒の成長が起こり、結晶粒径が所望の大きさに成長する範囲で設定すればよい。このとき、結晶粒を所望の大きさに成長させるには、熱処理温度を高くするか、熱処理温度を低くする場合には、熱処理時間を長くすればよく、熱処理後には、解砕して微細化すればよい。また、熱処理と解砕を繰り返すことによって、結晶粒を所望の大きさに粗大化させてもよい。

【0053】

熱処理し、解砕した後は、日本粉末冶金工業会で規定される「金属粉のふるい分析試験方法」（JPMAP02-1992）に準拠して分級して粒度を整えれば、本発明の鉄基粉末を得ることができる。

40

【0054】

次に、本発明の鉄基粉末に、絶縁皮膜を積層する方法について説明する。なお、以下では、絶縁皮膜として、リン酸系化成皮膜とシリコン樹脂皮膜をこの順で鉄基粉末の表面に積層する場合について説明する。

【0055】

分級して得られた上記鉄基粉末の表面に、絶縁皮膜としてリン酸系化成皮膜を積層させるには、水性溶媒にオルトリン酸（ H_3PO_4 ：P源）などを溶解させて得た溶液（処理液）を上記鉄基粉末と混合し、乾燥すればよい。

50

【 0 0 5 6 】

また、このリン酸系化成皮膜に、Na, S, Si, WおよびCoよりなる群から選択される1種以上の元素を含有させる場合には、皮膜に含ませようとする元素を含む化合物を溶解させて得た溶液(処理液)を上記鉄基粉末と混合し、乾燥することで形成できる。

【 0 0 5 7 】

この化合物としては、 Na_2HPO_4 (PおよびNa源)、 $\text{Na}_3[\text{PO}_4 \cdot 12\text{WO}_3] \cdot n\text{H}_2\text{O}$ (P、NaおよびW源)、 $\text{Na}_4[\text{SiW}_{12}\text{O}_{40}] \cdot n\text{H}_2\text{O}$ (Na、SiおよびW源)、 $\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (NaおよびW源)、 H_2SO_4 (S源)、 $\text{H}_3\text{PW}_{12}\text{O}_{40} \cdot n\text{H}_2\text{O}$ (PおよびW源)、 $\text{SiO}_2 \cdot 12\text{WO}_3 \cdot 26\text{H}_2\text{O}$ (SiおよびW源)、MgO (Mg源)、 H_3BO_3 (B源)、 $\text{Co}_3(\text{PO}_4)_2$ (PおよびCo源)、 $\text{Co}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ (PおよびCo源)等が使用可能である。

10

【 0 0 5 8 】

上記水性溶媒としては、水、アルコールやケトン等の親水性有機溶媒、これらの混合物を使用することができ、必要に応じて溶媒中には公知の界面活性剤を添加してもよい。

【 0 0 5 9 】

リン酸系化成皮膜を積層するに当たっては、固形分0.1~10質量%程度の処理液を調製し、上記鉄基粉末100質量部に対し、1~10質量部程度添加して、公知の混合機(例えば、ミキサー、ボールミル、ニーダー、V型混合機、造粒機等)で混合し、大気中、減圧下または真空下で、150~250 で乾燥することにより、リン酸系化成皮膜が形成された鉄基粉末が得られる。

20

【 0 0 6 0 】

上記リン酸系化成皮膜の表面に、更にシリコーン樹脂皮膜を形成する場合には、アルコール類や、トルエン、キシレン等の石油系有機溶剤等にシリコーン樹脂を溶解させ、この溶液と、リン酸系化成皮膜を形成した鉄基鉄粉とを混合して有機溶媒を揮発させることにより形成することができる。

【 0 0 6 1 】

皮膜形成条件は特に限定されないが、固形分が2~10質量%程度になるように調製した樹脂溶液を、上記リン酸系化成皮膜が形成された鉄基粉末100質量部に対し、0.5~10質量部程度添加して混合し、乾燥すればよい。0.5質量部より少ないと混合に時間がかかるが、10質量部を超えると乾燥に時間がかかったり、皮膜が不均一になるおそれがある。樹脂溶液は適宜加熱しておいても構わない。

30

【 0 0 6 2 】

混合機は前記したものと同様のものが使用可能である。但し、シリコーン樹脂皮膜を形成する場合は、加熱乾燥により有機溶媒を揮発させればよい。加熱乾燥の際には、例えばオープン等で加熱してもよいが、混合容器を温水等で加温してもよい。乾燥後は、目開き500 μm 程度の篩を通過させておくことが好ましい。

【 0 0 6 3 】

乾燥後には、シリコーン樹脂皮膜を予備硬化させることが推奨される。シリコーン樹脂を予備硬化させた後、解砕することで、流動性に優れた粉末が得られ、圧粉成形の際に成形型へ、砂のようにさらさらと投入することができるようになる。予備硬化させないと、例えば温間成形の際に粉末同士が付着して、成形型への短時間での投入が困難となることがある。予備硬化は、実作業上、ハンドリング性の向上のために非常に有意義である。また、予備硬化させることによって、得られる圧粉磁心の比抵抗が非常に向上することが見出されている。この理由は明確ではないが、硬化の際の鉄粉との密着性が上がるためではないかと考えられる。

40

【 0 0 6 4 】

予備硬化は、具体的には、100~200 で、5~100分の加熱処理を行う。130~170 で10~30分がより好ましい。予備硬化後も、前記したように、目開き500 μm 程度の篩を通過させておくことが好ましい。

【 0 0 6 5 】

50

次に、圧粉磁心を製造するに当たっては、上記鉄基粉末の表面に絶縁皮膜が形成された粉末（例えば、上記リン酸系化成皮膜を形成した鉄基粉末、或いはリン酸系化成皮膜の表面に更にシリコン樹脂皮膜を形成した鉄基粉末）を、成形した後、歪取焼鈍すればよい。

【0066】

圧粉成形法は特に限定されず、公知の方法を採用できる。圧粉成形の好適条件は、面圧で490～1960MPa（より好ましくは790～1180MPa）である。

【0067】

圧粉成形して得られた成形体の密度は特に限定されないが、例えば、 7.5 g/cm^3 以上であることが好ましい。密度を 7.5 g/cm^3 以上にすれば、強度や磁気特性（磁束密度）を一層優れたものとするができる。成形体の密度を 7.5 g/cm^3 以上にするには、圧粉成形時の面圧を980MPa以上にすればよい。成形温度は、室温成形、温間成形（100～250）のいずれも可能である。型潤滑成形で温間成形を行う方が、高強度の圧粉磁心が得られるため好ましい。

10

【0068】

成形後は、圧粉磁心のヒステリシス損を低減するため歪取焼鈍する。歪取焼鈍の条件は特に限定されず、公知の条件を適用できる。

【0069】

特に、上記リン酸系化成皮膜が、Na, S, Si, WおよびCoよりなる群から選択される1種以上の元素を含む場合には、歪取焼鈍の温度を従来よりも高くすることができ、圧粉磁心のヒステリシス損を一層低減できる。このときの歪取焼鈍の温度は400以上が好ましく、比抵抗の劣化がなければ、より高温で歪取焼鈍することが望ましい。

20

【0070】

歪取焼鈍を行う雰囲気は酸素を含まなければ特に限定されないが、窒素等の不活性ガス雰囲気下が好ましい。歪取焼鈍を行う時間は特に限定されないが、20分以上が好ましく、30分以上がより好ましく、1時間以上がさらに好ましい。

【0071】

なお、上記では、本発明の鉄基粉末に絶縁皮膜を積層したものを圧粉成形する場合について説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、鉄基粉末の表面に、リン酸系化成皮膜やクロム系化成皮膜などの無機物を被覆した粉末と、上記樹脂からなる絶縁用粉末を混合したものを圧粉成形してもよい。

30

【実施例】

【0072】

以下、本発明を実施例によって更に詳細に説明するが、下記実施例は本発明を限定する性質のものではなく、前・後記の趣旨に適合し得る範囲で適当に変更して実施することも可能であり、それらはいずれも本発明の技術的範囲に含まれる。

【0073】

実施例1

神戸製鋼所製のアトマイズ粉末「アトメル300NH」を日本粉末冶金工業会で規定される「金属粉のふるい分析試験方法」（JPMAP02-1992）に準拠して目開き250 μm の篩を用いて篩い分けし、篩を通過した粉末を回収し、これを水素ガス雰囲気中で、970で2時間還元した。還元後、解砕したものを、目開き250 μm または425 μm の篩を通した。篩を通過した粉末は95質量%以上であった。

40

【0074】

次に、篩を通過した粉末について、目開き45 μm 、63 μm 、75 μm 、106 μm 、150 μm 、180 μm 、または250 μm の篩を用いて篩い分けして篩上に残った粉末を回収した。各粉末の粒子径を下記表1に示す。なお、各篩上に残った粉末の割合は99質量%以上であった。

【0075】

下記表1に示した粉末の表面に、リン酸系化成皮膜を形成した後、シリコン樹脂皮膜

50

を形成して絶縁処理するか（表1のNo. 1～8に相当）、下記表1に示した粉末の表面に、下記条件で熱処理した後、リン酸系化成皮膜を形成し、次いでシリコーン樹脂皮膜を形成して絶縁処理した（表1のNo. 9～16に相当）。

【0076】

[熱処理条件]

熱処理は、下記表1に示した粉末を、水素ガス雰囲気中で、970℃、2時間熱処理した後、これを解砕する工程を3回繰返して鉄基粉末を得た。3回繰返した後、上記と同じ方法で各種篩を用いて分級して粉末の粒度を調整した。熱処理後における粉末の粒子径を下記表1に示す。

【0077】

粒度調整した粉末[熱処理しないもの（No. 1～8）については熱処理前の粉末。熱処理したもの（No. 9～16）については熱処理後の粉末。]の断面を観察し、該鉄基粉末断面に認められる結晶粒径を測定した。この結晶粒径の分布を作成し、結晶粒径が小さい方から数えて10%（D10）に当たる結晶粒径、20%（D20）に当たる結晶粒径、30%（D30）に当たる結晶粒径を夫々求めた。D10～D30での結晶粒径を下記表1に示す。なお、粉末の断面観察には、光学顕微鏡を用い、観察倍率200倍で行った。このとき、粉末の断面径が粒度分布内である粉末50個の断面について観察し、各鉄基粉末について結晶粒径を測定して最大結晶粒径を少なくとも含む結晶粒径分布を求めた。結晶粒径は50～150個測定した。

【0078】

[絶縁処理条件]

リン酸系化成皮膜は、水を1000部、 H_3PO_4 を70部、リン酸ナトリウム[Na_3PO_4]を270部、硫酸ヒドロキシルアミン[$(NH_2OH)_2H_2SO_4$]を70部、およびリン酸コバルト8水和物[$Co_3(PO_4)_2 \cdot 8H_2O$]を100部混合したものを原液とし、これを20倍に希釈した処理液50部を、上記粉末1000部に添加して、V型混合機を用いて5～60分混合した後、大気中で200℃、30分間乾燥し、目開き300 μm の篩を通した。リン酸系化成皮膜の膜厚は、約50nmであった。

【0079】

シリコーン樹脂皮膜は、信越化学工業製の「KR220L」（メチル基100モル%、T単位100モル%）をトルエンに溶解させて、2質量%の固形分濃度の樹脂溶液を作製し、鉄粉に対して樹脂固形分が0.1%となるように添加混合し、加熱乾燥（75℃、30分間）した。即ち、シリコーン樹脂皮膜の付着量は、シリコーン樹脂皮膜が形成された鉄基粉末を100質量%としたとき0.1質量%であった。

【0080】

次に、絶縁処理後の粉末に、予備硬化処理（大気中で、150℃、30分間）した後、成形体に圧粉成形した。圧粉成形は、ステアリン酸亜鉛をアルコールに分散させたものを金型表面に塗布した後、上記予備硬化処理した粉末を入れ、室温（25℃）で、面圧を約10ton/cm²（980MPa）で加圧し、成形体の密度が7.50g/cm³となるように成形した。成形体の形状は、外径45mm、内径33mm、厚み約5mmのリング状で、1次巻線を400ターン、2次巻線を25ターンとした。

【0081】

成形体の保磁力を理研電子製の直流磁化B-H特性自動記録装置「model BHS-40」を用いて最大励磁場（B）を50（Oe）として測定した。測定結果を下記表1に併せて示す。

【0082】

10

20

30

40

【表 1】

No.	熱処理前の粒子径 (μm)	熱処理	熱処理後の粒子径 (μm)	D10での結晶粒径 (μm)	D20での結晶粒径 (μm)	D30での結晶粒径 (μm)	成形体の保磁力 (Oe)
1	250以下	なし	—	3	9	26	4.62
2	45~250	なし	—	3	9	27	4.56
3	63~250	なし	—	3	9	28	4.50
4	75~250	なし	—	3	9	30	4.43
5	106~250	なし	—	4	10	32	4.34
6	150~250	なし	—	4	10	33	4.27
7	180~250	なし	—	4	10	33	4.27
8	250~425	なし	—	4	10	31	4.12
9	250以下	あり	250以下	3	15	30	4.41
10	45~250	あり	45~250	4	18	34	4.20
11	63~250	あり	63~250	10	20	40	3.92
12	75~250	あり	75~250	15	22	50	3.35
13	106~250	あり	106~250	15	25	55	3.32
14	150~250	あり	150~250	15	30	60	3.30
15	180~250	あり	180~250	15	30	60	3.29
16	250~425	あり	250~425	20	40	75	3.13

10

20

【0083】

表1から次のように考察できる。No. 1~11は、D30での結晶粒径が50 μm 未満である。従って鉄基粉末断面を観察し、該鉄基粉末断面に認められる結晶粒径を測定したときに、結晶粒径が50 μm 以上の粉末が少ないため、成形体の保磁力が大きく、ヒステリシス損を低減できていない。一方、No. 12~16は、D30での結晶粒径が50 μm 以上である。従って鉄基粉末断面を観察し、該鉄基粉末断面に認められる結晶粒径を測定したときに、結晶粒径が50 μm 以上の粉末が多くなり、成形体の保磁力が小さくなる。その結果、成形体のヒステリシス損を低減できる。

30

【0084】

実施例2

熱処理条件と結晶粒径と保磁力の関係について調べた。上記実施例1のNo. 14において、熱処理の条件を下記表2に示すように変化させる以外は同じ条件とし、D30での結晶粒径を測定した。結果を下記表2に示す。

【0085】

次に、上記実施例1のNo. 14と同様に絶縁処理した後、予備硬化処理（大気中で、150、30分間）し、これを圧粉成形した。圧粉成形は、上記実施例1と同様に行ない、成形体の密度が7.50 g/cm^3 となるように成形した。

40

【0086】

成形体の保磁力を上記実施例1と同じ条件で測定した。測定結果を下記表2に併せて示す。

【0087】

【表 2】

No.	熱処理前の粒子径 (μm)	熱処理条件			熱処理後の粒子径 (μm)	D30での結晶粒径 (μm)	成形後の保磁力 (Oe)
		温度 ($^{\circ}\text{C}$)	時間 (時間)	回数			
21	150~250	970	2	1	150~250	45	4.40
22	150~250	970	2	2	150~250	50	3.52
23	150~250	970	2	3	150~250	60	3.30
24	150~250	970	2	4	150~250	60	3.20
25	150~250	970	4	1	150~250	50	3.51
26	150~250	970	4	2	150~250	65	3.15

10

【0088】

表2から次のように考察できる。熱処理時間を長くすれば、結晶粒径は粗大化し、その結果、圧粉磁心の保磁力を低減することができる。また、熱処理温度と熱処理時間が同じ場合には、熱処理を繰返して回数を多くするほど結晶粒径は粗大化し、成形体の保磁力を低減することができる。

【0089】

実施例3

絶縁皮膜の種類と鉄損の関係について調べた。上記実施例1において、絶縁皮膜の種類を変える以外は、同じ条件で絶縁皮膜が形成された鉄基粉末を得た。絶縁皮膜は、(1)シリコーン樹脂皮膜のみ形成、(2)リン酸系化成皮膜のみ形成、(3)リン酸系化成皮膜の表面に、シリコーン樹脂皮膜を形成、の3種類とした。なお、(3)の積層構造は、上記実施例1と同じである。

20

【0090】

上記絶縁皮膜が形成された鉄基粉末を、上記と同じ方法で各種篩を用いて分級し、粉末の粒度を調整した。

【0091】

次に、粒度調整後の粉末に、予備硬化処理(大気中で、150、3分間)した後、これを圧粉成形した。圧粉成形は、上記実施例1と同様に行ない、成形体の密度が 7.50 g/cm^3 となるように成形した。圧粉成形後、窒素雰囲気下で、450で30分間の歪取焼鈍を行った。昇温速度は約50/分とし、歪取焼鈍後は炉冷した。得られた成形体の鉄損を横河電機製の自動磁気試験装置「Y-1807」を用いて周波数200Hz、励磁磁束密度1.5Tとして測定した。結果を下記基準で評価し、評価結果を表3に併記した。

30

【0092】

[基準]

: 鉄損が40W/kg以下

: 鉄損が40W/kg超、50W/kg未満

x: 鉄損が50W/kg以上

40

【0093】

【表 3】

No.	表1 No.	鉄損の評価結果		
		シリコーン 樹脂皮膜	リン酸系 化成皮膜	リン酸系化成皮膜 + シリコーン樹脂皮膜
31	1	×	×	△
32	2	×	×	△
33	3	×	×	△
34	4	×	△	△
35	5	×	△	△
36	6	×	△	△
37	7	×	△	△
38	8	×	△	△
39	9	×	△	△
40	10	×	△	△
41	11	×	△	△
42	12	×	○	○
43	13	×	○	○
44	14	×	○	○
45	15	×	○	○
46	16	×	○	○

10

20

【0094】

表3から次のように考察できる。渦電流損を小さくして、鉄損を低減するには、鉄基粉末の結晶粒径を大きくすると共に、粒子径を大きくし、且つ鉄基粉末の表面に、リン酸系化成皮膜を形成するか、リン酸系化成皮膜とシリコーン樹脂皮膜をこの順で形成すれば良いことが分かる。

30

【0095】

実施例4

リン酸系化成皮膜の組成と比抵抗の関係について調べた。上記実施例1の表1に示したNo. 14において、リン酸系化成皮膜の組成を変えた以外は、上記実施例1と同様にして、鉄基粉末にリン酸系化成皮膜と、シリコーン樹脂皮膜を形成して絶縁処理した。なお、リン酸系化成皮膜を形成する際には、下記に示す組成の原液を用い、リン酸系化成皮膜の組成を変化させた。

【0096】

No. 51で用いた原液...水を1000部、 H_3PO_4 を193部

No. 52で用いた原液...水を1000部、 H_3PO_4 を193部、MgOを31部、 H_3BO_3 を30部

40

No. 53で用いた原液...水を1000部、 H_3PO_4 を193部、MgOを31部、 H_3BO_3 を30部、 $H_3PW_{12}O_{40} \cdot nH_2O$ を143部

No. 54で用いた原液...水を1000部、 H_3PO_4 を193部、MgOを31部、 H_3BO_3 を30部、 $SiO_2 \cdot 12WO_3 \cdot 26H_2O$ を143部

No. 55で用いた原液...水を1000部、 Na_2HPO_4 を270部、 H_3PO_4 を70部、 $(NH_2OH)_2H_2SO_4$ を70部

No. 56で用いた原液...水を1000部、 H_3PO_4 を70部、 Na_3PO_4 を270部、 $(NH_2OH)_2H_2SO_4$ を70部、 $Co_3(PO_4)_2 \cdot 8H_2O$ を100部

【0097】

50

絶縁処理後の粉末に、予備硬化処理（大気中で、150、30分間）した後、圧粉成形した。圧粉成形は、上記実施例1と同様に行ない、成形体の密度が 7.50 g/cm^3 となるように成形した。なお、成形体の寸法は、 $31.75 \text{ mm} \times 12.7 \text{ mm} \times$ 厚み約 5 mm である。

【0098】

圧粉成形後、窒素雰囲気下で、550、30分間の歪取焼鈍した。昇温速度は約50/分とし、歪取焼鈍後は炉冷した。得られた成形体の比抵抗を、岩崎通信機製のデジタルマルチメータ「VOAC-7510」を用いて測定し、測定結果を表4に示した。

【0099】

【表4】

No.	リン酸系化成皮膜中の添加元素	比抵抗 ($\mu\Omega \cdot \text{m}$)
51	P	20
52	P, Mg, B	30
53	P, W, Mg, B	80
54	P, W, Si, Mg, B	90
55	P, Na, S	140
56	P, Na, S, Co	160

10

20

【0100】

表4から、リン酸系化成皮膜の中に、Na, S, Si, W, およびCoのいずれか1種以上の元素が含まれているNo. 52~56は、含まれていないNo. 51に比べて、高温における比抵抗が高いことがわかる。特に、NaとSを併用したNo. 55やNo. 56は、非常に良好な性能を示した。

フロントページの続き

- (74)代理人 100125184
弁理士 二口 治
- (74)代理人 100125243
弁理士 伊藤 浩彰
- (72)発明者 三谷 宏幸
兵庫県神戸市西区高塚台 1 丁目 5 番 5 号 株式会社神戸製鋼所 神戸総合技術研究所内
- (72)発明者 赤城 宣明
兵庫県高砂市荒井町新浜 2 丁目 3 番 1 号 株式会社神戸製鋼所 高砂製作所内
- (72)発明者 北条 啓文
兵庫県高砂市荒井町新浜 2 丁目 3 番 1 号 株式会社神戸製鋼所 高砂製作所内
- (72)発明者 石原 千生
千葉県松戸市稔台 5 2 0 番地 日立粉末冶金株式会社内
- (72)発明者 岩切 誠
千葉県松戸市稔台 5 2 0 番地 日立粉末冶金株式会社内
- (72)発明者 山田 壮平
静岡県湖西市梅田 3 9 0 番地 アスモ株式会社内
- (72)発明者 持溝 泰州
静岡県湖西市梅田 3 9 0 番地 アスモ株式会社内

合議体

- 審判長 小柳 健悟
審判官 大橋 賢一
審判官 吉水 純子

- (56)参考文献 特開 2 0 0 6 - 2 4 8 6 9 (J P , A)
特開 2 0 0 6 - 1 2 8 6 6 3 (J P , A)
特開 2 0 0 0 - 1 6 9 9 0 1 (J P , A)
特開 2 0 0 0 - 4 9 0 0 9 (J P , A)

- (58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

B22F1/00-1/02 3/00-3/24 H01F1/20-1/32